MECANIQUE VENTILATOIRE

La mécanique ventilatoire est l'étude des phénomènes qui permettent ou s'opposent au renouvellement de l'air dans les alvéoles.
Les mouvements respiratoires sont le résultat du jeu d'une musculature spécifique. La contraction des muscles inspiratoires et expiratoires et les propriétés élastiques du système thoraco-pulmonaire sont responsables du courant aérien s'établissant entre l'atmosphère et la profondeur des poumons.

I- MUSCLES RESPIRATOIRES :

1- Muscles inspiratoires:

- le diaphragme: c'est le muscle le plus important fonctionnellement.
Il s'agit d'une mince lame musculotendineuse qui sépare la cage thoracique de la cavité abdominale. La contraction du diaphragme lors de l'inspiration entraine son abaissement d'où:

- une augmentation du diamètre vertical de la cage thoracique : effet inspiratoire cranio-caudal ;
- un refoulement des côtes en haut et en dehors d'où augmentation des diamètres horizontaux de la cage thoracique: effet inspiratoire d'insertion.
- une augmentation de la pression abdominale déplaçant les côtes inférieures en dehors : effet inspiratoire passif d'apposition.

- les muscles intercostaux externes: se contractent à l'inspiration soulevant les côtes.
- les muscles inspiratoires accessoires: intervenant en cas de ventilation à haut débit ou en cas de paralysies des autres muscles inspiratoires.
Les muscles scalènes et sternocléidomastoïdiens élèvent la partie supérieure de la cage thoracique.

2- Muscles expiratoires:

L'expiration spontanée, contrairement à l'inspiration, est un

phénomène passif. Elle est marquée par un retour passif du système respiratoire sur lui même, étiré pendant l'inspiration. Les muscles expiratoires sont mis à contribution lors d'une expiration forcée.
Il s'agit des muscles abdominaux (grands droits, les obliques et les transverses), qui en se contractant, augmentent la pression abdominale.
Ce qui refoule la masse abdominale et le diaphragme relâché vers le haut, d'où diminution du diamètre vertical de la cage thoracique.
Les muscles abdominaux, contractés, exercent une traction sur les côtes inférieures, ce qui entraine diminution des diamètres horizontaux de la cage thoracique.

II- CYCLE VENTILATOIRE:

L'air entre dans les poumons et en sort au cours de la ventilation en raison des différences de pression entre l'atmosphère et les alvéoles.
Puisque l'air est un gaz, il se déplace d'une région de haute pression vers une région de basse pression.
Les pressions entrant en jeu sont:
- la pression atmosphérique ou barométrique (PB) = 760 mm Hg ; elle diminue avec l'altitude.
- la pression alvéolaire qui diffère de la PB d'où écoulement de gaz (air) jusqu'à ce que les 2 pressions s'équilibrent.
- la pression pleurale = 756 mm Hg; elle n'est pas en équilibre avec la PB ou la PA vu qu'il n'y a pas de communication directe entre la cavité pleurale et l'atmosphère ou les alvéoles.

Avant l'inspiration, l'appareil respiratoire est au repos, en apnée ou en condition statique.
Les voies aériennes sont ouvertes, en contact avec l'atmosphère.

PA = PB

Lors de l'inspiration: - le volume pulmonaire augmente
- PA < PB
d'où entrée de l'air dans les voies aériennes jusqu'à PA = PB.

Lors de l'expiration: - le volume alvéolaire diminue
- PA > PB

d'où sortie du mélange gazeux pulmonaire de l'alvéole vers l'environnement extérieur.

L'écoulement de gaz dans les voies aériennes ne dépend pas seulement de la différence de pression entre les alvéoles et l'atmosphère, due aux changements de volume de la cage thoracique et des poumons, mais aussi de la résistance à l'écoulement de ce gaz. On peut écrire :

V = DP/R   V: débit du gaz
DP: différence entre PA et PB
R: résistance des voies aériennes

Le principal responsable de la résistance à l'écoulement du gaz est le rayon des voies aériennes de conduction. Cette résistance est faible à l'état normal, mais devient un obstacle très important à l'écoulement du gaz quand le calibre des voies aériennes est réduit en cas de maladie (rhume, asthme, bronchite chronique...).

Pendant le cycle ventilatoire, il y a alternance à l'inspiration de distension et à l'expiration de diminution du volume des poumons. Ceci est dû aux propriétés élastiques du système respiratoire que l'on peut déterminer grâce à l'élastance (E).

E = P/V   P: pression   V: volume

On préfère mesurer la compliance C sachant que:

C = 1/E donc C = V/P

La compliance fait référence à l'effort fourni pour distendre les poumons. Elle exprime la grandeur du changement de volume des poumons produite par le changement de la pression transmurale (pression qui distend les poumons).

Le retrait élastique est la facilité avec laquelle les poumons se rétractent après avoir été distendus.

Les propriétés élastiques des poumons dépendent de 2 facteurs:

- le tissu conjonctif élastique des poumons
- la tension de surface alvéolaire, diminuée par la présence du surfactant pulmonaire qui stabilise les alvéoles et diminue le travail des muscles respiratoires. Il est indispensable à la vie.

III- LES VOLUMES ET CAPACITES PULMONAIRES :

La quantité d'air qui est inhalée lors de l'inspiration ou rejetée lors de l'expiration par les poumons, est appelée volume courant (VC) ou tidal volume (VT) : ~ 0,5 l.
Lors d'une inspiration forcée, l'air additionnel au delà du VC est appelé le volume de réserve inspiratoire (VRI): ~ 3,3 l.
Le volume d'air expulsé par expiration forcée active est appelé le volume de réserve expiratoire (VRE) : ~ 1 l.
Ces 2 réserves de volumes peuvent être sollicitées lorsque le VC ne suffit plus pour assurer les échanges gazeux (exercice physique).
Le volume d'air restant dans le poumon après une expiration forcée, est appelé le volume résiduel (VR) : ~ 1,2 l.
La capacité vitale (CV) est la plus grande quantité d'air qui peut être expirée après une inspiration maximale. C'est un indice de la fonction pulmonaire.

CV= VT + VRI + VRE

La capacité pulmonaire totale CPT = CV + VR
La capacité résiduelle fonctionnelle CRF représente la quantité d'air présente dans les poumons à la fin d'une expiration normale.

CRF = VRE + VR

Tous ces volumes sont mesurés par spirométrie sauf le VR et les capacités.

Il existe une relation volume-temps permettant de mesurer le volume expiré maximal en 1 seconde VEMS. Il s'agit du volume expiré pendant la 1ère seconde d'une expiration forcée. Il est normalement de 80% de la CV. C'est le paramètre le plus utilisé dans l'exploration de la fonction respiratoire. Il permet la mise en évidence d'une obstruction de l'ensemble des voies aériennes.
Le rapport VEMS/CV est appelé coefficient de Tiffeneau.
La ventilation maxima-minute VMM est le plus grand volume de gaz que

l'on peut faire entrer ou sortir des poumons par minute par effort volontaire. Elle est ~125-170 l/mn.

IV- ESPACES MORTS ANATOMIQUE ET PHYSIOLOGIQUE :

La ventilation pulmonaire est le volume d'air inspiré et expiré en une minute:

ventilation pulmonaire = VC x F

F : fréquence respiratoire = 12 cycles/min

ventilation pulmonaire = 500 ml x 12 cycles/min
= 6000 ml/min

Tout l'air inspiré n'arrive pas jusqu'aux alvéoles; une partie reste dans les voies aériennes de conduction qui ne participent pas aux échanges gazeux (~ 150 ml). C'est l'espace mort anatomique.

La ventilation alvéolaire est le volume d'air échangé par minute entre les alvéoles et l'atmosphère:

ventilation alvéolaire = (VC - Volume de l'espace mort anatomique) x F

ventilation alvéolaire = (500 ml- 150 ml) x 12 cycles/min
= 4200 ml/min

Cependant, certains alvéoles sont ventilés mais non perfusés par le sang et ne participent pas aux échanges gazeux. C'est l'espace mort physiologique.

SPIROGRAMME NORMAL D'UN HOMME JEUNE BIEN PORTANT

